

Conservación *in situ on farm-ex situ* de *Solanum tuberosum* L. grupo Phureja en la cuenca del Llaucano y áreas adyacentes

Conservation *in situ on farm-ex situ* of *Solanum tuberosum* L. Phureja group in the Llaucano basin and adjacent areas

Juan F. Seminario Cunya

Programa de Raíces y Tubérculos Andinos, Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, PERÚ. jfseminario@yahoo.es

Luisa Zarpán Arias

Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca PERÚ.

Resumen

Se analizó la variabilidad mantenida *in situ on farm* (en campos de agricultores) y *ex situ*, de *Solanum tuberosum* grupo de papa Phureja, de la cuenca del Llaucano y áreas adyacentes (Distritos de Chota, Bambamarca, Hualgayoc, Chugur, Cajamarca, Encañada y Jesús, de la Región Cajamarca, norte peruano). La variabilidad conservada *on farm* se evaluó mediante colectas de cultivares nativos (*land races*), caracterización morfológica y agrupamiento mediante el programa NTSYS (2.1). La variabilidad conservada *ex situ* se evaluó mediante el registro de los cultivares que mantienen 20 conservacionistas de papa nativa de la Región Cajamarca y mediante la información de colecciones de papa en Universidades y en el Centro Internacional de la Papa. En el área de estudio se mantienen *on farm*, 38 cultivares nativos del grupo Phureja, de distribución focalizada, reconocidos por sus nombres vulgares y otros descriptores. Los conservacionistas mantienen el 21% del total de cultivares identificados *on farm*. Los materiales en Universidades no son significativos y el CIP mantiene aproximadamente el 39.5% de cultivares. En los últimos 20 años se han perdido aproximadamente 10 cultivares, y existen factores biológicos, económicos, sociales y ambientales que constituyen elementos de riesgo para el grupo en el ámbito de estudio.

Palabras clave: *Solanum tuberosum* L., grupo Phureja, conservación *in situ on farm-ex situ*.

Abstract

Variability maintained *in situ on farm* and *ex situ* of Phureja potato group of the Llaucano basin and adjacent areas (Districts of Chota, Bambamarca Hualgayoc, Chugur, Cajamarca, Encañada and Jesus, Region of Cajamarca, northern Peruvian) was analyzed. Variability conserved *in situ on farm* was assessed through collections of native cultivars (*land races*), morphological characterized and grouped using the NTSYS (2.1) program. The variability conserved *ex situ* was evaluated by registering cultivars maintained by 20 native potato conservationists of the Cajamarca region, and through the information of native collections of universities and the International Potato Center (IPC). In the study area are maintained on farm, 38 native cultivars of the group Phureja. These are of focused distribution, recognized by their common names and other descriptors. Conservationists maintain 21% of identified cultivars *on farm*. Materials in universities are not significant and the IPC maintain approximately 39.5% of cultivars. In the last 20 years about 10 cultivars have been lost, and there are biological, economic, social and environmental factors that constitute the risk elements for the group in the field of study.

key words: *Solanum tuberosum* L., Phureja group, *in situ on farm - ex situ*, conservation.

Introducción

En las últimas tres décadas se ha puesto en evidencia que los cultivares tradicionales –CT– (*landraces*, *folk varieties*, cultivares nativos, cultivares criollos, cultivares primitivos) de los cultivos agrícolas son

objeto de pérdida, lo cual puede significar erosión genética. Los factores determinantes serían los cambios en los sistemas productivos, el remplazo de los CT por cultivares modernos, las preferencias del mercado, la migración, la falta de mano de obra en el campo, los

cambios en los hábitos de consumo, la ampliación del rango de actividades del agricultor, la desintegración de las redes sociales de reciprocidad e intercambio de bienes y servicios, el cambio en la percepción del valor de uso de los recursos y el desequilibrio entre la demanda y la oferta de los recursos (Brush, 1986, 1990; Prance, 1997; Bellón, 2001; Maxted *et al.* 2002; Frison *et al.* 2008). En la región andina, se han presentado algunas evidencias sobre la pérdida de cultivares nativos de papa (Brush, 1986, 1990; Zimmerer, 1991a, 1992; de Haan, 2009).

La Región Cajamarca es una de las principales productoras de papa del Perú. Esta producción incluye los grupos Stenotomum, Chaucha, Andigena, Phureja, y Tuberosum, bajo el enfoque del Código Internacional de Nomenclatura de Plantas Cultivadas (ICNCP) y la propuesta clasificatoria de Huamán & Spooner (2002) y Huamán (2008). El grupo más vulnerable es el grupo Phureja, debido a dos características principales: la ausencia de dormancia en sus tubérculos, que conlleva a la necesidad de cosechas y siembras continuadas (de lo contrario la semilla se malogra). Esta característica está estrechamente relacionada con la priorización de actividades y la disponibilidad de mano de obra en las familias campesinas. Por otro lado, las condiciones socioeconómicas del agricultor han cambiado sustantivamente en los últimos años, por influjo de la ganadería, la minería y actividades conexas. Lo anterior es más evidente en la cuenca del Llaucano y áreas adyacentes, por ser el ámbito con más concesiones y proyectos mineros en la región. Similares condiciones socioeconómicas (aunque generadas por otros factores) fueron identificadas como causa de la pérdida de cultivares del grupo Phureja en Paucartambo (Zimmerer, 1991b, 1992), en Yauyos (de Haan & Thiele, 2005) y Huancavelica (de Haan, 2009).

El grupo Phureja, comprende principalmente cultivares de *S. phureja* y pocos cultivares de otras especies. Se distribuye desde Venezuela hasta Bolivia (Hawkes, 1956), en valles abrigados, entre los 1700 a 3700 msnm y rara vez hasta los 4000 msnm (Huamán & Spooner 2002). Presenta ausencia o mínima

dormancia en sus tubérculos, adaptada a días cortos, corto periodo vegetativo (menos de cuatro meses), alta variabilidad del tubérculo (en forma, tamaño, color), alto contenido de materia seca, excelente calidad culinaria, alto contenido de proteína total, alto nivel de carotenoides, rápida cocción y buena aceptación en el mercado para varios cultivares. Es resistente o tolerante a marchitez bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*), resistente o tolerante a racha (*Phytophthora infestans*), a ciertos virus (PVX, PSV, PMV, PAV) y nemátodos. Es fuente de resistencia a temperaturas bajas y de tolerancia al calor (Zimmerer, 1991b, 1992; Ghislain *et al.* 1999; Ochoa, 1990; Ghislain *et al.* 2006; Burgos *et al.* 2007; Bonierbale *et al.* 2008).

Es probable que en la Región Cajamarca, se estén produciendo pérdidas importantes de cultivares y consecuentemente erosión genética, en el grupo Phureja. Sin embargo, no existe información sobre el estado de su conservación y la influencia concreta de los factores de riesgo. Esta información es indispensable para proponer estrategias de conservación (*ex situ-in situ*) de modo sostenido.

Bajo las consideraciones precedentes, la investigación se enfocó a determinar el estado de la conservación *in situ* on farm (en campos de agricultores) y *ex situ* (en conservacionistas y en colecciones regionales y nacionales), del grupo Phureja en la cuenca de Llaucano y áreas adyacentes. En ambos casos, se consideró como unidades de conservación y de observación a los cultivares tradicionales (de Haan, 2009; Maxted *et al.* 2002; Jarvis *et al.* 2000). En el primer caso, se refiere a los cultivares mantenidos por los agricultores del ámbito de estudio, donde han desarrollado sus propiedades específicas (UNCED 1992). Estos constituyen la entidad taxonómica *folk* tangible, reconocida por los agricultores, tienen un valor intrínseco por su genotipo, son usados históricamente y culturalmente por las comunidades andinas y son fáciles de caracterizar bajo condiciones de campo (de Haan, 2009). En el segundo caso, se refiere a los cultivares mantenidos fuera de su hábitat natural, específicamente en agricultores conservacionistas y en colecciones de instituciones.

Materiales y métodos

I. Evaluación de la conservación *in situ on farm*

1.1. Colección de cultivares conservados in situ on farm. Se tomó en cuenta sólo los centros poblados y familias reconocidas por su mayor tradición en el cultivo de papa. Se recolectaron los materiales reconocidos por los agricultores como cultivares diferentes. Se tomaron los datos pasaporte referidos al material biológico y a las condiciones ecogeográficas.

1.2. Caracterización morfológica y agrupamiento de los cultivares. El germoplasma colectado fue sembrado en campo, en dos oportunidades: Junio 2009 y diciembre 2009. Las cosechas se realizaron en octubre 2009 y abril 2010, respectivamente. El suelo utilizado tenía las siguientes características: franco arcilloso, pH de 7.6, fertilidad media (1.9 % de materia orgánica, 0.13% de N total, 15 ppm de P disponible y 138 ppm de K disponible) (Laboratorio de Análisis de Suelos de la FCA- UNC).

Las lluvias de julio a septiembre 2009 fueron de 3.9 a 17.9 mm/mes y de octubre 2009 a abril 2010 fueron de 49.5 a 154 mm/mes, por lo que en los primeros se aplicaron riegos para dar la humedad necesaria. La temperatura promedio en el periodo de campo varió de 13.6 a 16.7 °C y la humedad relativa varió de 61 a 71 %.

Los cultivares fueron caracterizados morfológicamente, mediante la lista de descriptores para papas nativas del Centro Internacional de la Papa (Gómez, 2006). Este documento contiene 33 descriptores morfológicos altamente discriminatorios. Cada descriptor consta de un nombre y tres a nueve estados de descriptor, que se identifican mediante un código numérico.

Con los datos de la caracterización se elaboró una matriz básica de datos (MBD) para el análisis de estadístico posterior. La MBD es una matriz $n \times p$, en donde, las n columnas representan los descriptores o variables y las p filas representan las unidades técnicas operativas (OTU), o sea los cultivares. Cada casillero de la matriz representa el valor o estado del descriptor en la OTU correspondiente (Crisci & López 1983; Hidalgo, 2003).

Los datos así organizados fueron sometidos al análisis estadístico multivariado mediante el programa NTSYS (Numeral Taxonomy System) versión 2.1. Se hicieron dos tipos de análisis:

a) Análisis de agrupamiento (clusters). A través de esta técnica se estudió la asociación entre unidades técnicas operativas (OTU), que en nuestro caso son los cultivares y se obtuvo un fenograma que permitió establecer los grupos dentro del germoplasma (por su cercanía morfológica) y los probables duplicados. Por el tipo de datos (mayoritariamente multiestado, cualitativos y cuantitativos), se usó el coeficiente de distancia taxonómica -TD-, el que en su valor más bajo (cero) significa máxima similitud entre OTU y en su valor más alto (∞) significa mínima similitud entre OTU. Los resultados se obtuvieron en una matriz de similitud simétrica (Crisci & López, 1983; Hidalgo, 2003). Para la formación de conglomerados se usó el método UPGMA, como forma de enlace.

b) Análisis de componentes principales (ACP). Esta técnica permite conocer la relación entre las variables (descriptores) consideradas y la semejanza entre los OTU (cultivares). En el primer caso, con el fin de saber cuáles descriptores están asociados y cuáles caracterizan en el mismo sentido o en sentido contrario. En el segundo caso, para saber cómo se distribuyen los cultivares y cuáles se parecen. El ACP, también permite identificar y seleccionar los descriptores más discriminantes (útil para limitar el número de descriptores en caracterizaciones posteriores) (Crisci & López, 1983; Hidalgo, 2003; Rojas, 2003).

El ACP concentra toda la variabilidad presente en la matriz de datos originales en unos pocos ejes o componentes. Los componentes principales (CP) contienen información de todas las variables originales (descriptores), pero en diferentes proporciones. Matemáticamente se obtuvieron a través del cálculo de la matriz de correlaciones entre caracteres (en nuestro caso, 33 x 33).

La determinación de los cultivares perdidos en las últimas dos décadas, se hizo de forma indirecta mediante la aplicación de la pregunta ¿qué cultivares existían hace 20 años, que ahora ya no existen?, en la encuesta

a 48 agricultores conservacionistas y cultivadores de Cajamarca, Chota, Bambamarca, Celendín, Jesús, Encañada. Los agricultores encuestados tenían entre 39 a 85 años, e involucraron conservacionistas, donantes de germoplasma y otros agricultores con experiencia.

II. Evaluación de la conservación *ex situ*

La conservación *ex situ* actual se determinó mediante: 1) El número de cultivares del grupo Phureja mantenidos por los agricultores conservacionistas de la región. Estos, son agricultores que en las últimas dos décadas han coleccionado cultivares nativos de la región y de otras regiones del país. El estudio involucró 20 conservacionistas de las Provincias de Cajamarca, San Marcos, Celendín y Hualgayoc, cuyas edades varían entre 37 y 63 años. Se hicieron visitas a los hogares y chacras de los conservacionistas. Se sostuvo entrevistas y se aplicó una encuesta. Además, el 22 de mayo 2010, se realizó un taller sobre conservación de la papa nativa con los conservacionistas de la región y otros agricultores con experiencia, más algunos técnicos relacionados con el tema. 2) Para conocer el número colectas o de cultivares conservados por instituciones, se realizó una encuesta por e-mail a diferentes centros de investigación de Universidades del norte peruano y el INIA. Para conocer el número de materiales conservados por el CIP se usó información de fuentes secundarias, principalmente el catálogo de colectas de Ochoa (2003): 1947-1997.

Resultados y discusión

I. Conservación *in situ on farm* de cultivares del grupo Phureja

1.1. Germoplasma del grupo conservado por los agricultores

En la Tabla 1, se presentan los datos pasaporte de los 40 cultivares del grupo Phureja colectados en los agricultores del ámbito de estudio (*in situ on farm*). En primer lugar, las colectas se realizaron entre los 2700 y los 3780 msnm, pero la mayor parte (67%) se localizaron entre los 3000 y 3500 msnm. Por otro lado, la concentración de los cultivares del grupo, se registró en comunidades del Distrito de Bambamarca

(Provincia de Hualgayoc) (38%) y en las comunidades del Distrito de Jesús (Provincia de Cajamarca) (33%). Las exploraciones realizadas en áreas antiguamente productoras del Distrito de Cajamarca como Porcón, Porconcillo, Chamis, Paríamarca, indicaron ausencia de estos cultivares.

El germoplasma se concentra en pocos agricultores, de pequeños ingresos, asentados en sus chacras y con pocas posibilidades de migración. Similares características fueron observadas por Brush *et al.* (1981) en los Andes en general, por Zimmerer (1991a, 1991b) en Paucartambo y por de Haan (2009) en Huancavelica. En general, los agricultores sostienen que ya no siembran chauchas, porque “*ya no quieren dar*”, porque “*la semilla está cansada*”, “*porque nos gana el tiempo*”, o porque perdieron la semilla y ya no han podido recuperarla. Las preferencias del mercado también estarían afectando la distribución de cultivares, porque a pesar de su calidad y de la considerable cantidad de cultivares encontrados en el área de estudio, sólo se observaron tres a cuatro cultivares en los mercados locales.

Los cultivares tienen un nombre compuesto formado por el nombre primario *Chaucha* y un nombre secundario que hace referencia principalmente a características del tubérculo y a la procedencia: Blanca, Negra, Peruanita, Shoga, Montañera, Pierna de Viuda. Según la taxonomía *folk*, el primer nombre se refiere al taxa específico (grupo de cultivares) y el segundo al taxa varietal (cultivares) (Martín, 2000; de Haan, 2009).

Se encontraron pocos casos de sinonimia (Ch. Shoga = Ch. Roja; Ch. Limeña = Ch. Pintada; Ch. Colombiana blanca = Ch. Mashoca; Ch. Señorita = Ch. Chola Amarilla, Negra = shinga). Probablemente, por tratarse ámbitos relativamente pequeños, los agricultores reconocen a sus cultivares con el mismo nombre y es menos probable coleccionar duplicados. Existen también, pocos casos de homonimia (2 coloradas, 3 montañeras, 2 mullas), que deben aclararse mediante el análisis molecular. Por otro lado, una alta proporción de cultivares reciben el mismo nombre secundario que cultivares de otros grupos. La diferencia consiste en el nombre primario (*Chaucha*) que se antepone (e.g. *Chaucha Conda* y *Conda*, *Chaucha*

Tabla 1. Datos pasaporte de los cultivares del grupo Phureja, colectados en la cuenca del Llaucano y áreas adyacentes: 2005-2010

N°	Nombre del cultivar	F. colección	Localidad	Altitud (m)	Longitud (N)	Latitud (E)	Centro poblado	Distrito	Agricultor
1	Ch. Pabla	04.05.05	La Colpa	310	9206093.10	749084.00	La Colpa	Chugur	Ananías Díaz Gonzáles
2	Ch. Blanca peruanita	20.04.05	Alto Perú	3650	9269684.63	772544.45	Alto Perú	Bambamarca	Javier Montenegro Ruiz
3	Ch. Conda	13.04.05	Huagamarca	3250	9206406.22	780106.00	Huagamarca	Bambamarca	Silvestre Cubas Tarrillo
4	Ch. Pimpinela	11.04.05	Lanchecucho	3200	9250111.00	777180.00	Lanchecucho	Bambamarca	José Pérez Díaz
5	Ch. Chachapoyana	02.04.05	Tambillo, El Romero	3250	9269465.49	778780.00	El Romero	Bambamarca	Teodoro Barboza Núñez
6	Ch. Porpora	04.04.05	Pusoc	3500	9270284.00	778988.00	Pusoc	Bambamarca	Rosa Bances Cubas
7	Ch. Amarilla	26.04.05	Camino Grande	3680	925885.00	706488.00	Moran Lirio	Hualgayoc	Juan Fernández Barboza
8	Ch. Negra	05.04.05	La Locpa	2700	9206062.48	774708.00	La Locpa	Bambamarca	Manuel Silva Bances
9	Ch. Negra morada	05.04.05	La Locpa	2700	9206062.58	774708.00	La Locpa	Bambamarca	Manuel Silva Bances
10	Ch. Huagalina	22.04.05	Casa Hacienda	3680	9254941.23	7611925.70	Pilancónes	Hualgayoc	Amadeo Salazar Zambrano
11	Ch. Blanca	11.04.05	La Locpa	2700	9206064.00	774709.12	La Locpa	Bambamarca	Segundo Vásquez Ortiz
12	Ch. Colombiana blanca	18.04.05	El Sugar	3300	9206043.10	787084.00	El Sugar	Bambamarca	Pedro Díaz Vásquez
13	Ch. Shoga	18.04.05	Agua Santa	3100	9206171.00	775945.00	Chala	Bambamarca	Eladio Rojas Miranda
14	Ch. Colombiana negra	29.04.05	La Laguna	3780	9206057.20	706335.90	Morampata	Hualgayoc	Fermin Tirado Barboza
15	Ch. Huevo de ruco	15.07.08	La Locpa	2700	9206064.00	774709.12	La Locpa	Bambamarca	Segundo Vásquez Ortiz
16	Ch. Limeña	15.04.06	Rojaspampa	2900	9275510.60	706306.70	Rojaspampa	Chota	Manuel Segovia Ruiz
17	Ch. Colorada	10.06.06	Silleropata	3350	9265540.79	761 539 25	Silleropata	Chota	Sebastián Peralta Acuña
18	Montañera	08.04.05	La Locpa	2800	9206062.05	774708.00	La Locpa	Bambamarca	José Saavedra bazán
19	Montañera 2	08.04.05	La Locpa	2800	9206063.05	774709.06	La Locpa	Bambamarca	José Saavedra bazán
20	Montañera 3	08.04.05	La Locpa	2800	9206963.05	774709.06	La Locpa	Bambamarca	José Saavedra bazán
21	Ch. Peruanita 2	20.04.05	Alto Perú	3650	9206062.43	770094.00	Alto Perú	Bambamarca	Javier Montenegro Ruiz
22	Ch. Amarilla redonda	15.09.09	El Granero	3295	9194283.00	785714.10	El Granero	Jesús	Pablo Linares Pérez
23	Ch. Amarilla castilla	03.09.09	Laimina Alta	3484	9190552.00	790906.80	Laimina Alta J	esús	Felipe Azañero Gamboa
24	Ch. Limena Huachuma	03.09.09	Laimina Alta	3484	9190552.00	790906.80	Laimina Alta	Jesús	Felipe Azañero Gamboa
25	Ch. Pierna de viuda	03.09.09	Laimina Alta	3484	9190552.00	790906.80	Laimina Alta	Jesús	Felipe Azañero Gamboa
26	Ch. Yuquilla	20.09.09	Totora	3475	9194473.00	779341.00	Totora	Jesús	Alfredo Gómez Huaccha
27	Ch. Mulla	12.07.09	La Shita	3407	9193058.00	788060.00	La Shita	Jesús	Candelaria Huaccha Aquino
28	Ch. Señorita	15.09.09	El Granero	3295	9194830.00	787147.00	El Granero	Jesús	Pablo Linares Pérez
29	Ch. Mulla 2	12.07.09	Totora	3475	9194473.00	779341.00	Totora	Jesús	Alfredo Gómez Huaccha
30	Ch. Shangara morada	03.09.09	Laimina Alta	3484	9190552.00	790906.80	Laimina Alta J	esús	Felipe Azañero Gamboa
31	Ch. Negra Jesús	03.09.09	Laimina Alta	3484	9190552.00	790906.80	Laimina Alta	Jesús	Felipe Azañero Gamboa
32	Ch. Amarilla Mahuay	20.09.09	Totora	3475	9194473.00	779341.00	Totora	Jesús	Alfredo Gómez Huaccha
33	Ch. Pierna de viuda 2	20.09.09	Totora	3475	9194473.00	779341.00	Totora	Jesús	Alfredo Gómez Huaccha
34	Ch. Piña amarilla	15.09.09	El Granero	3295	9194283.00	785714.10	El Granero	Jesús	Pablo Linares Pérez
35	Ch. Chilopa	28.10.08	San José Alto	3617	9218023.00	801755.00	San José Alto	Encañada	Gumercindo Zelada Aguilar
36	Ch. Pintada	10.06.06	Silleropata Alto	3300	9206068.94	706282.80	Silleropata	Chota	Victor Villacorta Saavedra
37	Ch. Oque	22.05.06	Lingampata Alto	3300	9206740.30	759065.80	Lingampata	Chota	Antonio Dávila Díaz
38	Ch. Clavelilla	09.06.06	Silleropata Alto	3350	9206068.94	706282.80	Silleropata	Chota	Francisco Villacorta Ortiz
39	Ch. Colorada 2	10.06.06	Silleropata Alto	3350	9206068.94	706282.80	Silleropata	Chota	Sebastian Peralta Acuña
40	Shoga Amarilla	10.05.10	Loritopampa	3441	9194860	785601	Loritopampa	Jesús	Martha Terrones Ocaña

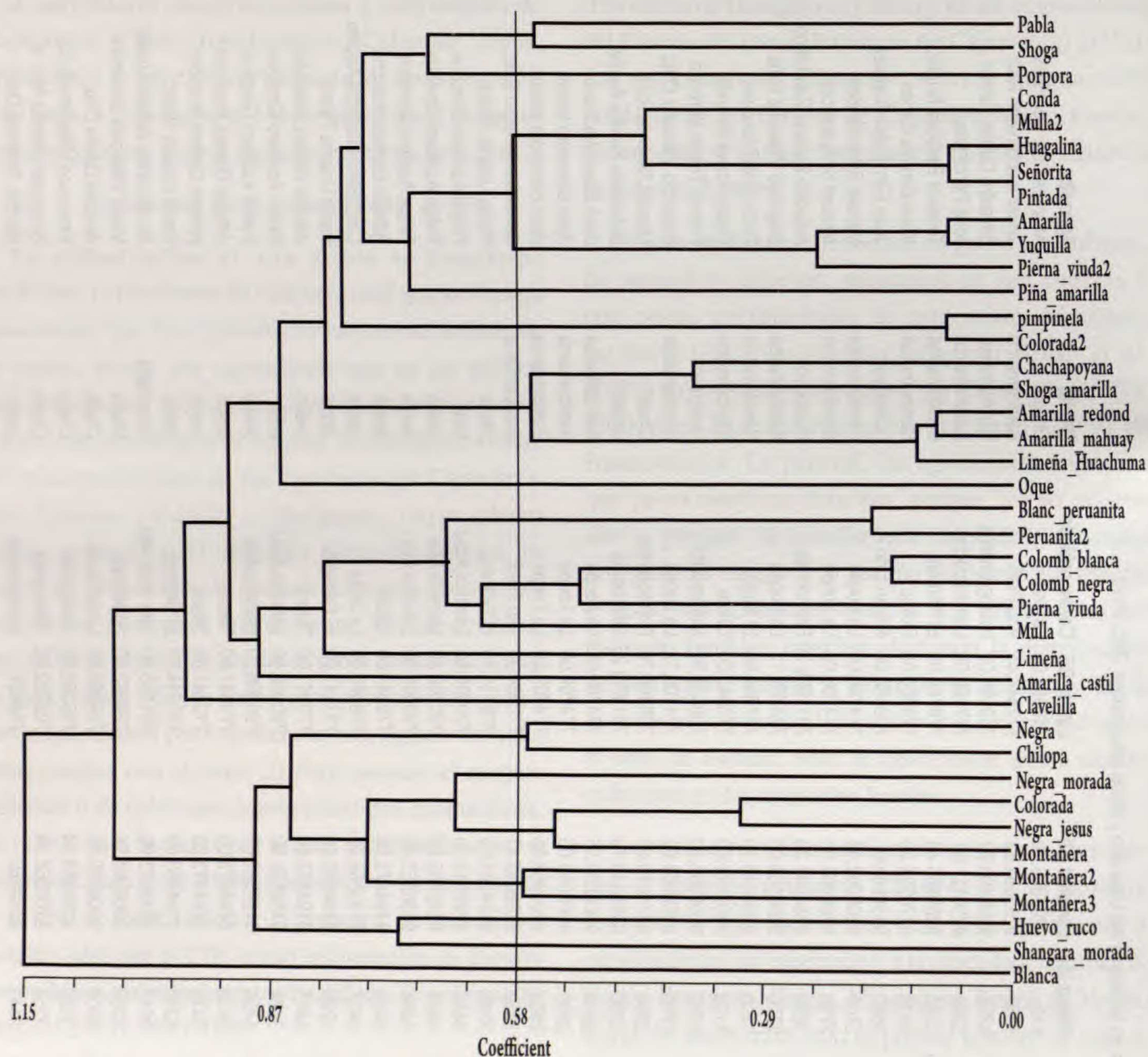


Fig. 1. Fenograma que agrupa 40 cultivares del grupo Phureja, caracterizados con 30 descriptores morfológicos y mediante el método de ligamento UPGMA.

Peruanita y Peruanita), pero que en el diálogo cotidiano muchas veces se obvia.

1.2. Agrupamiento de cultivares

La Fig.1 presenta el fenograma que agrupa a los 40 cultivares colectados y caracterizados mediante descriptores morfológicos (técnica Q). A una distancia taxonómica de 0.0, se observa que existen 38 grupos. Es decir, existe 5% de duplicados (Conda = mulla 2, señorita = Pintada). Este resultado, indica que la discriminación de cultivares que hace el campesino, es altamente fiable. Por tratarse de un agrupamiento basado en características cualitativas, podría significar un número

similar de genotipos. Sin embargo, este resultado debe ser contrastado con el del análisis molecular.

A la distancia de 0.58, se forman 21 grupos. Once grupos contienen un solo elemento (Porpora, Piña amarilla, Oque, Mulla, Limeña, Amarilla castilla, Clavelilla, Negra morada, Huevo de ruco, Shangara morada, Blanca). Los otros 10 grupos, contienen entre dos a ocho elementos y dentro de éstos se diferencian subgrupos, por su mayor afinidad (Tabla 2). Es decir, habría 48% de duplicados. Este agrupamiento debe ser tomado en cuenta para realizar una caracterización morfológica más precisa y para contrastarla con la caracterización molecular.

Tabla 2. Grupos con dos o más elementos y subgrupos dentro de 40 cultivares del grupo Phureja de la cuenca del Llaucano y áreas adyacentes.

Grupos	Subgrupos	
	SGa	SGb
G1	Conda, Mulla 2, Huagalina, Señorita, Pintada	Amarilla, Yuquilla, Pierna de viuda 2
G2	Chachapoyana, Shoga amarilla	Amarilla redonda, Amarilla Mahuay, Limeña Huachuma
G3	Colombiana blanca, Colombiana negra	Pierna de viuda
G4	Pimpinela, Colorada 2	
G5	Colorada, Negra	Montañera
G6	Pabla, Shoga	
G7	Blanca peruanita, Peruanita 2	
G8	Negra, Chilopa	
G9	Montañera 2, Motañera 3	
G10	Pimpinella, Colorada 2	

No existe una tendencia marcada respecto a la distribución geográfica de los grupos y sus elementos, a excepción del grupo dos (cinco elementos) que proviene principalmente del Distrito de Jesús. Otro aspecto importante, es que en este germoplasma existen hasta tres especies botánicas (Alberto Salas - CIP, comunicación personal), cuyos miembros se distribuyen indistintamente en los grupos: *S. goniocalyx* (Clavelilla y Limeña), *S. tuberosum* subespecie *tuberosum* (Blanca, Shoga y Montañera), *S. phureja* (Colombiana blanca, Colombiana negra, Colorada 2, Negra, Amarilla, Pintada y Oque).

1.3. Análisis de componentes principales (CP)

El número de componentes principales (CP), que expresa la varianza total, es de 31 (Tabla 3). Este número corresponde al número de descriptores involucrados, menos dos descriptores que no mostraron variabilidad (disección de la hoja, pigmentación de anteras). Más del 70% de la variación total se explica hasta el CP 7. Para nuestro análisis, siguiendo la opinión de Cliff citado por Hidalgo (2003), consideramos poner atención en los cuatro primeros componentes.

En la Tabla 4 se presenta la correlación entre las variables originales (31 descriptores) y los cuatro primeros CP. Estos datos indican la contribución relativa de cada descriptor a cada CP. Se considera que cuanto más alto es el valor de la correlación (sin importar el signo), más alta es la contribución del descriptor al CP (Crisci & López, 1983). Es decir, será más eficiente en la discriminación de las OTU o cultivares (Rojas, 2003).

El CP1 que explica el 24.26% de la varianza, está asociado a caracteres de la hoja, flor, baya, color y

Tabla 3. Valores propios y proporción de la varianza explicada en el análisis de componentes principales, en la caracterización de 40 cultivares de papa grupo Phureja de la cuenca del Llaucano y áreas adyacentes.

CP	Valor propio (eigen value)	Proporción de la varianza total	
		Absoluta (%)	Acumulada (%)
1	8.00770464	24.2658	24.2658
2	4.93404996	14.9517	39.2174
3	2.79082208	8.4570	47.6745
4	2.43750479	7.3864	55.0609
5	2.18568350	6.6233	61.6841
6	1.65631022	5.0191	66.7033
7	1.53118734	4.6400	71.3432
8	1.44542084	4.3801	75.7233
9	1.26026493	3.8190	79.5423
10	1.12634186	3.4132	82.9554
11	0.95305565	2.8880	85.8435
12	0.78417158	2.3763	88.2197
13	0.70560953	2.1382	90.3580
14	0.58864942	1.7838	92.1417
15	0.50149997	1.5197	93.6614
16	0.46217950	1.4005	95.0620
17	0.40232806	1.2192	96.2812
18	0.26628012	0.8069	97.0881
19	0.23047212	0.6984	97.7865
20	0.15968827	0.4839	98.2704
21	0.13611609	0.4125	98.6828
22	0.12436801	0.3769	99.0597
23	0.08898468	0.2697	99.3294
24	0.07363899	0.2231	99.5525
25	0.04648079	0.1409	99.6934
26	0.04552515	0.1380	99.8313
27	0.02914599	0.0883	99.9196
28	0.01758985	0.0533	99.9730
29	0.00508703	0.0154	99.9884
30	0.00248744	0.0075	99.9959
31	0.00135160	0.0041	100.00

forma del tubérculo, color predominante de la pulpa, color secundario de la pulpa, distribución del color secundario de la pulpa. El CP2 explica el 14.95% de la varianza y muestra coeficientes altos para caracteres de planta, hoja, color secundario de la flor, distribución del color secundario de la flor, profundidad de ojos y distribución de color secundario del tubérculo. El CP3, explica el 8.45% de la varianza total y está asociado al color secundario externo del tubérculo y distribución del color secundario del brote. Finalmente, el CP4 explica el 7.38% de la varianza y presenta altos coeficientes para color predominante de la flor y distribución del color secundario del tubérculo.

En la Fig. 2 se correlaciona los valores de los dos primeros CP. En esta figura está representado el 39% de la variación total y se forma un gran grupo (círculo grande) constituido por 23 cultivares de origen muy diverso y caracterizados por su mayor precocidad. En este grupo se pueden diferenciar hasta nueve subgrupos por su mayor afinidad morfológica [(25, 39, 4), (2, 21), (13, 6), (14, 12, 32, 22, 24), (36, 10, 28), (26, 33, 7), (40, 5, 1), (29, 3)]. Además, se forman tres grupos menores [(20, 9), (19, 17, 31), (15, 35)], morfológicamente afines. El resto, de cultivares se distribuye indistintamente, como entidades únicas.

En el plano trimensional, con los tres primeros componentes (Fig. 3) que suma el 48% de la variación total, se observan 12 grupos: A la derecha, aunque dispersos, se ubican los cultivares 9, 20, 18, 17, 19 y 31 que se caracterizan por sus hojas grandes, follaje alto, tubérculos redondos, son los más tardíos (probablemente pertenecen a *S. tuberosum* subespecie *andigenum*). Los cultivares 35, 8, 30 y 15, forman grupos de un sólo elemento, cada uno con características inconfundibles en campo, excepto el 8 que posee ciertas características afines con el primer grupo. A la izquierda, parte inferior, se ubica de modo aislado el cultivar 16. Además se observa un grupo, formado por varios subgrupos [(12 y 27), (12 y 14), (2 y 21), (23 y 25)]. En la parte superior izquierda se ubica el grupo formado por los cultivares 34, 37 y 6. El resto forma los siguientes grupos: (7, 26, 33), (10, 28, 36, 1), (3, 29), (4, 39), y (22, 24 y 32). Esta distribución, por un

lado indica el poder discriminante de los tres primeros componentes principales y por otro lado, muestra cierta similitud con el agrupamiento del fenograma, a 0.58 de distancia taxonómica (Fig.1). Esta cercanía de los resultados podría ser indicio de los genotipos presentes, que deben confirmarse con el análisis molecular.

1.3. Cultivares perdidos en las últimas dos décadas

No hay consenso entre agricultores, al señalar los cultivares que se han perdido en sus comunidades, en las últimas dos décadas. Esto se explica porque, si bien, algunos cultivares se han perdido en alguna familia o comunidad, están presentes en otras familias o comunidades. Sin embargo, de la triangulación de los datos de los agricultores y considerando el número de cultivares conservados *in situ* actualmente (colectas realizadas), se concluye, que los cultivares probablemente perdidos en el ámbito de estudio son 10: Centro morado, Picusha, Huevo de perdiz, Espelma, Imperial, Bolas de carnero, Baya, Calabaza, Bandeña y Chimbina Colorada. Es decir, hace 20 años se mantenían aproximadamente 48 cultivares. Esto implica una pérdida de 21% de cultivares, a una tasa aproximada de 0.5/año. Esta tasa podría incrementarse en los próximos años, debido a las condiciones socioeconómicas y ambientales prevaescentes en el área de estudio (impacto de la minería y ganadería como actividades económicas principales, migración, incremento del portafolio de actividades del agricultor, escasez de mano de obra, menor capacidad de trabajo de las familias, debilidad del sistema de semillas, sequías).

Debemos reconocer que nuestro estudio tiene una deficiencia que debe ser considerada: Por razones de logística, la colección no fue exhaustiva, sino que se dirigió a los agricultores reconocidos como los más interesados en mantener mayor número de cultivares. Este énfasis, puede haber pasado por alto algunos cultivares mantenidos por otros agricultores menos reconocidos.

El estudio confirma la tendencia de pérdida de estos cultivares, documentada en otros ámbitos. Por ejemplo, de Haan (2009), en ocho comunidades (de cuatro Provincias) de Huancavelica, comprobó la pérdida

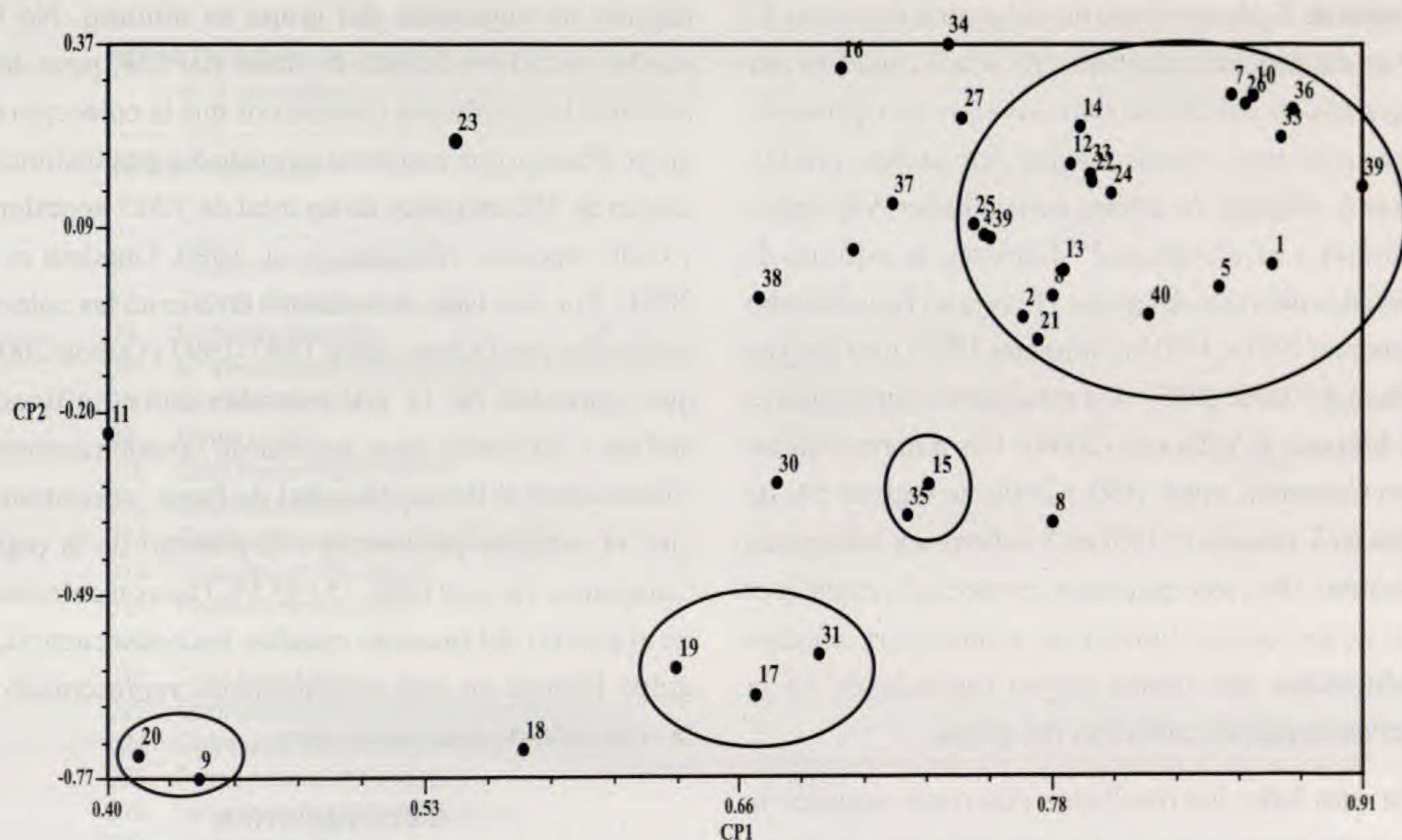


Fig. 2. Distribución de los cultivares del grupo Phureja de la cuenca del Llaucano

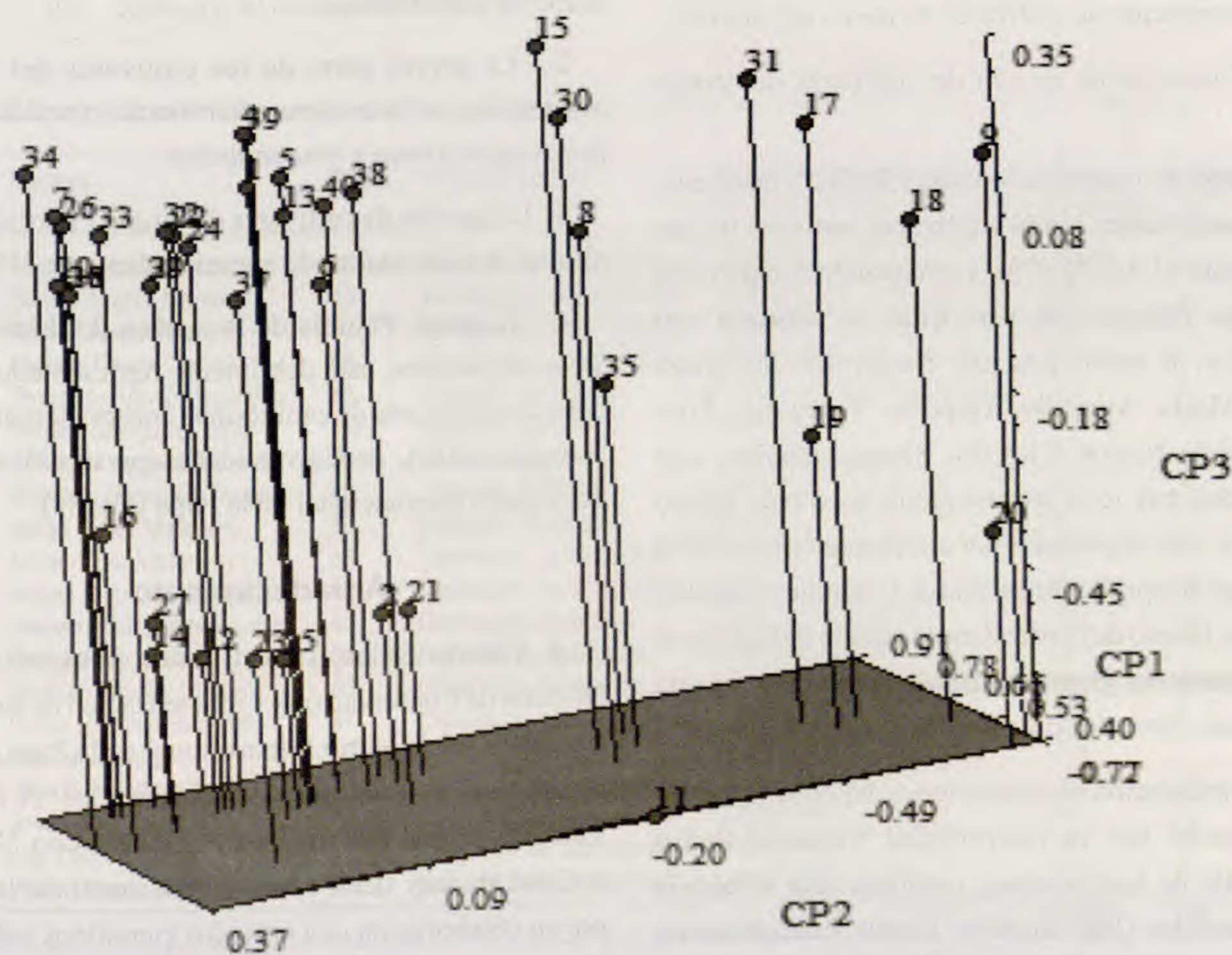


Fig. 3. Distribución de los cultivares en el plano tridimensional formado por los tres primeros componentes principales. Los números corresponden a los cultivares de la Tabla 1.

cultivares de *S. phureja* (pero no en las otras especies). El autor en sus conclusiones dice: “*El estudio muestra que los agricultores mantienen todas las especies reportadas previamente para Huancavelica, por Ochoa (2003), excepto S. phureja. La última parece haber sido sujeto de pérdida a nivel regional*”. También, se informa de pérdida de cultivares del grupo Phureja en Paucartambo (Zimmerer (1991a, 1991b, Zimmerer 1992) y en Yauyos (de Haan & Thiele 2005). Un antecedente importante es el de Moreno & Valbuena (2006). Los autores indican que en Colombia, entre 1992 y 2006, se registró 5% de erosión en *S. phureja* (y 15% en *S. tuberosum* subespecie *tuberosum*). Bajo este escenario, es necesario estudiar el efecto de los factores biológicos, económicos, sociales y ambientales que tienen mayor repercusión en la conservación de los cultivares del grupo.

Por otro lado, los resultados descritos, sugieren la pauta para una estrategia de conservación *on farm*, apoyada externamente: distribución de pocos cultivares por agricultor, en un espacio relativamente amplio, antes que concentración de cultivares en pocos agricultores.

II. Conservación *ex situ* de cultivares del grupo Phureja

El grupo de conservacionistas (Tabla 5) mantiene, aproximadamente, 1 880 cultivares nativos, de los cuales, sólo el 4.2 % (79), corresponde a cultivares del grupo Phureja. De este total, la mayoría son duplicados, de modo que, sólo 8 cultivares del grupo (21%): Mulla, Amarilla, Yuquilla, Peruanita, Roja (Colorada), Negra, Clavela, Shoga, Blanca, son mantenidos por los conservacionistas (otros cuatro cultivares, son mantenidos por conservacionistas fuera del ámbito de estudio (Provincia de Celendín): Zapalla, Calabaza, Huevo de Pérdiz. Este resultado indica que el germoplasma del grupo del ámbito de estudio no está conservado eficientemente por los conservacionistas.

De la indagación en instituciones del norte peruano, se comprobó que la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo de Lambayeque, mantiene una colección de 25 entradas (Ing. Roberto Tirado, comunicación personal), con un número no precisado proveniente del ámbito de estudio. El INIA regional no respondió a la encuesta, pero extraoficialmente se conoce que el

número de materiales del grupo es mínimo. No fue posible acceder a la base de datos del CIP, pero de la información publicada conocemos que la colección del grupo Phureja que mantiene en custodia esta institución consta de 170 entradas, de un total de 3 527 accesiones y ocho especies, (Ghislain *et al.* 1999, Ghislain *et al.* 2004). Por otro lado, si tomamos en cuenta las colectas realizadas por Ochoa, entre 1947-1997 (Ochoa 2003), que consisten de 11 mil entradas entre cultivadas nativas y silvestres (que ingresaron taxonómicamente clasificadas) al Banco Mundial de Papa, encontramos que 34 entradas pertenecen a *S. phureja* de la región Cajamarca. De este total, 15 (39.5%) fueron colectadas en el ámbito del presente estudio. En consecuencia, el grupo Phureja no está eficientemente representado en la colección de esta institución.

Conclusiones

1. En la cuenca del Llaucano y áreas adyacentes, se conservan *in situ-on farm* 38 cultivares nativos del grupo de papa Phureja.
2. La mayor parte de los cultivares del grupo, mantenidos *on farm* tienen distribución focalizada, en pocos agricultores y comunidades.
3. La erosión de cultivares del grupo Phureja, en las últimas dos décadas es de aproximadamente 21% (10).
4. El grupo Phureja de la cuenca del Llaucano y áreas adyacentes, está débilmente representado en las colecciones *ex situ* de campesinos conservacionistas de la región (21%), de Universidades (no significativo) y del Centro Internacional de la Papa (39.5%).

Agradecimiento

A Alberto Salas, Investigador Asociado de la División de Conservación y Caracterización de Recursos Genéticos, del Centro Internacional de la Papa, por su apoyo con la identificación de especies. A Miguel Valderrama por su apoyo en el análisis con NTSYS. A Griselda Lay del Centro Internacional de la Papa, por su colaboración con artículos científicos usados en base teórica. A los agricultores que colaboraron en la investigación y facilitaron el germoplasma. A Segundo Cusquisiban por su apoyo en las labores de campo.

Tabla 4. Caracteres con los coeficientes de correlación más altos que contribuyen a los cuatro componentes principales, en la caracterización de 40 cultivares de papa grupo Phureja de la cuenca del Llaucano y áreas adyacentes

Carácter morfológico		Componentes principales			
		CP1	CP2	CP3	CP4
D1	Hábito de crecimiento		0.6315		
D2	Tipo de disección de la hoja	0.7021			
D3	N° foliolos laterales		0.6498		
D5	N° interhojuelas sobre peciolulos	-0.6985			
D8	Grado de floración	0.5303			
D9	Forma corola	0.6505			
D10	Color predominante de flor				-0.5776
D12	Color secundario de flor		0.8778		
D13	Distribución color secundario de flor		0.7862		
D14	Pigmentación de anteras	0.7295			
D15	Pigmentación de pistilo	-0.718			
D16	Color de cáliz	0.6211			
D18	Color de la baya	0.5691			
D23	Color secundario (externo) del tubérculo			0.61	
D24	Distribución de color secundario del tubérculo				-0.7129
D25	Forma general del tubérculo	0.5681			
D26	Variante de la forma del tubérculo	0.7295			
D27	Profundidad de ojos		0.6232		
D28	Color predominante de la pulpa del tubérculo	0.5268			
D29	Color secundario de la pulpa del tubérculo	-0.7342			
D30	Distribución del color secundario de pulpa del tub.	-0.7524			
D33	Distribución del color secundario del brote			-0.5601	

Tabla 5. Entradas de papa nativa y del grupo Phureja, conservadas por agricultores conservacionistas de la Región Cajamarca.

N°	Nombre	Edad	Provincia, distrito	Centro Poblado/Caserío	Total cultivares ¹	G.Phureja N°	%
1	Juan Huaccha Abanto	45	San Marcos, Pedro Gálvez	Trascorral	200	2	1.0
2	Santos Abanto Moreno	40	San Marcos, Gregorio Pita	Alimarca	90	3	3.3
3	Pedro I. Abanto Moreno	37	San Marcos, Pedro Gálvez	Trascorral	45	3	6.6
4	Orestes Dávila Cerdán	55	San Marcos, José Sabogal	Agua Blanca	40	1	2.5
5	Termópilo Arévalo Izquierdo	48	Celendín, Sorochocho	CP San Juan de Rejopampa	90	4	4.4
6	Sergio Rodríguez Culqui	s.d.	Celendín, Sorochocho	Tandayoc	82	s.d	s.d
7	Armando Vergara Terrones	43	Celendín, Huazmín	CP Huangashanga	100	10	10
8	Segundo Daniel Gil Terrones	56	Celendín, Huazmín	El Lirio	83	12	14.5
9	Idelso Garay Mendoza	60	Celendín, Huazmín	El Lirio	65	2	3.0
10	Alindor Díaz Vásquez	63	Cajamarca, La Encañada	Progreso La Toma	45	3	6.6
11	Miguel Riquelme Quispe	62	Cajamarca, La Encañada	El Usnio	45	4	8.8
12	Gumerindo Zelada Aguilar	44	Cajamarca, Encañada	San José, Parte Alta	45	4	8.8
13	José I. Ayay Valdez	60	Cajamarca, Cajamarca	Chilimpampa Baja	75	0	0.0
14	Germán Sangay Llanos	40	Cajamarca, Encañada,	Bellavista Baja, Combayo	35	3	8.5
15	Emilio Huamán Huaripata	37	Cajamarca, Namora:	Campo Alegre, Huanico	295 ²	4	1.3
16	Abel Marín Ríos	50	Cajamarca, Namora,	Campo Alegre, Huanico	180	1	0.5
17	Juan E. Mendoza Tapia	39	Hualgayoc, Bambamarca	CP Bella Andina	15	6	40
18	José Telmo Cabrera Ocas	55	Gregorio Pita, San Marcos	Carbón Alto	80	3	3.8
19	Luis Cabrera Ocas	53	Gregorio Pita, San Marcos	Carbón Alto	180	2	1.1
20	Wilson Pastor Marín	50	Gregorio Pita, San Marcos	Carbón Bajo	50	0	0
Total					1880	79	4.2

¹ El número es aproximado, se basa en las características del tubérculo y los nombres locales, principalmente

² Cerca de 120 cultivares son de la región Cajamarca

s.d. = sin dato

Literatura citada

- Bellon, M.R.** 2001. Demand and supply of crop infraspecific diversity on farms: Towards a policy framework for on-farm conservation. CIMMYT Economics Working Paper 01-01. México, DF.
- Bonierbale, M.; W. Amoros; E. Salas; G. Burgos, & M. Cáceres.** 2008. Valor añadido y nutricional de la papa nativa. Centro Internacional de la papa, 28 diapositivas en Power Point. Disponible en <http://www.patata2008.com/Ponencias%20Congreso/Martes/Ma%C3%B1ana/M.%20Bonierbale.pdf>.
- Brush, S.B.** 1986. Genetic diversity and conservation in traditional farming system. *J. Ethnobiol.* 6(1): 151-167.
- Brush, S.B.** 1990. A farmer-based approach to conservation crop germoplasma. *Economic Botany* 45(2): 153-165.
- Burgos, G.; W. Amoros; M. Morote; J. Stagoulis & M. Bonierbale.** 2007. Iron and zinc concentration of native andean potato cultivars from a human nutrition perspective. *J. Sci. Agric.* 87: 668-675.
- Crisci, J.V. & M.F. López.** 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Serie de Biología. Monografía No. 26. Secretaría General de la O.E.A. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D.C. 132 p.
- Frison, E.; C. Fowler & L. Smook.** 2008. Sostenibilidad de la diversidad y del intercambio de cultivos. Nuevos mecanismos para asegurar el futuro del desarrollo agrícola. *Recursos Naturales y Ambiente* 53: 9-19.
- Ghislain, M.; D. Zhang; D. Fajardo; Z. Huamán & R.J. Hijmans.** 1999. Marker-assisted sampling of the cultivated Andean potato *Solanum phureja* collection RAPD markers. *Genetic Resources and Crop Evolution* 46: 547-555.
- Ghislain, M.; D. Andrade; F. Rodríguez; Hijmans, R.J. & D.M. Spooner.** 2006. Genetic analysis of the cultivated potato *Solanum tuberosum* L. Phureja group using RAPDs and nuclear SSRs. *Theor. Appl. Genetic* 113: 1515-1527.
- Gómez, R.** 2006. Descriptores y procedimientos. Guía para las caracterizaciones morfológicas básicas en colecciones de papas nativas. En: R. Estrada, T. Medina y A. Roldan (eds.). Manual para caracterización *in situ* de cultivos nativos. Proyecto conservación *in situ* de los cultivos y sus parientes silvestres, INIA, Lima, Perú. Pp. 26-50.
- Hann de, S. & G. Thiele.** 2005. *In situ* conservation and potato seed systems in the Andes. In D.I. Jarvis; R. Sevilla-Panizo; J.L. Chávez-Servia and Hodglin, T. (eds.). Seed systems and crop genetic diversity on farm. IPGRI, Rome Italy. Pp. 126-132.
- Hann de, S.** 2009. Potato diversity at height: Multiple dimensions of farmer-driven *in situ* conservation in the Andes. Ph.D. thesis Wageningen University, The Netherlands. 245 p.
- Hawkes, J.G.** 1956. Taxonomic studies on the tuber-bearing Solanums. I. *Solanum tuberosum* and the tetraploid species complex. *Proc. Linn. Soc. London* 166:97-144.
- Hidalgo, R.** 2003. Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. En: T. Franco y R. Hidalgo (eds.). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico n° 8, IPGRI, Roma, Italia. Pp.2-26.
- Huamán, Z. & D.M. Spooner.** 2002. Reclassification of landrace population of cultivated potatoes (*Solanum* Sect. *Petota*). *American Journal of Botany* 89(6): 947-965.
- Huamán, Z.** 2008. Descriptores morfológicos de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife (CCBAT), España. 40 p.
- Jarvis, D.I.; L. Myer; H. Klemick; L. Guarino; M. Smale; A. Brown; M. Sadiki; B. Sthapit & T. Hodgkn.** 2000. A training guide for *in situ* conservation on farm. Version 1. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 189 p.
- Martin, G.J.** 2000. Etnobotánica. Manual de métodos. Edit. Norman-Comunidad, Montevideo, Uruguay.
- Maxted, N.; B. Ford-Lloyd & J. Hawkes.** 1997. Complementary conservation strategies. In N. Maxted; B.V. Ford-Lloyd and J.G. Hawkes (eds.). Plant genetic conservation. The *in situ* approach London: Chapman & Hall. Pp. 15-39.
- Maxted, N.; L. Guarino; L. Myer & E. Chiwona.** 2002. Towards a methodology for on-farm conservation of plant genetic resources. *Genetic Resources and Crop Evolution* 49:31-46.
- Moreno, J.D & I. Valbuena.** 2006. Colección Central Colombiana de Papa: Riqueza de variabilidad genética para el mejoramiento del cultivo. *Revista Innovación y Cambio* Vol 4 (4).
- Ochoa, C.M.** 1990. The potatoes of South America. Bolivia. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ochoa, C.M.** 2003. Las papas del Perú. Base de datos 1947 – 1997. Talleres Gráficos Promotora Lima. Centro Internacional de la Papa. 185 p.
- Prance, G.T.** 1997. The conservation of botanical diversity. In Maxted, N; B.V. Ford-Lloyd and J.G. Hawkes (eds.). Plant genetic conservation. The *in situ* approach. Chapman & Hall, London. Pp. 3-14.
- Rojas, W.** 2003. Caracterización morfológica de germoplasma. Estudio de casos. Caso1. Análisis de la variabilidad genética en quinua. En: T. Franco y R. Hidalgo (eds.). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico n° 8, IPGRI, Roma, Italia. Pp. 27-39.
- UNCED (United Nations Conference on Environment & Development).** 1992. Biodiversity Convention. UNCED, Geneva, Italy.
- Zimmerer, K.S.** 1991a. The biogeography of native potato cultivars in highland Peru. *Journal of Biogeography* 18: 165-178.
- Zimmerer, K.S.** 1991b. Labor shortages and crop diversity in the southern Peruvian Sierra. *Geographical Review* Vol 81 (4): 414-432.
- Zimmerer, K.S.** 1992. The loss and maintenance of native crops in mountain agriculture. *GeoJournal* 27(1):61-72.